动 物 学 研 究 2003, Aug. 24 (4): 297~301
Zoological Research
CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853

异源精子激发彭泽鲫雌核发育子代的表型分化现象

赵 俊，陈湘粦
（华南师范大学 生命科学学院，广东 广州 510631，zhaojun@scnu.edu.cn）

摘要：种苗生产过程中，通过人工催情（彭泽鲫雌鱼两次注射 LRH-A_2 与 HCG 的混合物，尖鳍鲤雄鱼一次注射鲤鱼脑垂体）获得卵和精，人工再行两种配子的混合。子代有 3 种表型：Ⅰ. 雌性，形态同母本，为异种精子激发雌核发育的后代；Ⅱ. 雄性，形态同母本，产生机理不明；Ⅲ. 类似母本，但有一些父本特征，暗示有某重程度的核融合。子代中只有类型Ⅰ的情况最常见，只有或主要有类型Ⅱ的次之；类型Ⅲ时有发生，但比例<1%。

关键词：彭泽鲫；雌核发育；表型分化；性别分化
中图分类号：Q953；Q959.468 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2003)04-0297-05

Phenotypic Differentiation of Offspring Developed from Pengze Crucian Carp Eggs Activated by Heterlogous Sperm

ZHAO Jun, CHEN Xiang-lin
(*College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou* 510631, *China*)

Abstract: Pengze crucian carp eggs and sea carp sperm, which were artificially produced by the injection of LRH-A_2 and HCG for females and pituitary for males, were mixed in fry production. Three types of offspring were observed: Ⅰ, females, phonotypically the same as the mother, developed by eggs activated by sperm of see carps; Ⅱ, males, also as the mother, but developed in a unknown way; Ⅲ, similar to the mother but with a few paternal characters, indicating some occurrence of the mixis. Type I only appeared most often in the offspring; type Ⅱ only or mostly occurred sometimes; type Ⅲ occasionally presented, and if seen it was < 1% of the fries.

Key words: *Carassius auratus* of pengze; Gynogenesis; Phenotypic differentiation; Sex differentiation

雌核发育现象是动物界中一种特殊的生殖方式，在鱼类和两栖类中都发现有行雌核发育生殖方式的种类。与正常的两性生殖不同，典型的雌核发育物种产生染色体不减数的卵子（即卵子与体细胞的染色体数目相同），但又需要同源种或近缘种精子的刺激才能激活卵子的发育。精子进入卵子后仅起刺激作用，不发生两性原核的融合，因而所产生的后代与母本相似。除银鲫等少数种类之外，雌核发育鱼类均产生全雌性的后代。Jiang et al (1983) 用兴国红鲤的精子与方正银鲫成熟卵授精，得到具有明显生长优势的异育银鲫，继而提出异精生物学效应的概念。异育彭泽鲫也存在类似的现象（Yang et al, 1992; Chen et al, 1998)。异育银鲫或异育彭泽鲫都是全雌性群体，除在异育银鲫中发现极少数的复合四倍体（Gui et al, 1993）和在异育淇鲫中发现一例异常个体（Zhang et al, 1989）之外，在异精激发雌核发育鲫鱼的后代中还未发现其他形态和性别的分化现象。我们在异育彭泽鲫（丰产鲫，彭泽鲫♀×尖鳍鲤♂ 的后代）的种苗生产和成鱼养殖过程中观察到异精激发彭泽鲫雌核发育的子代在形态和性比上表现出多样性，现将结果报告如下。

收稿日期：2003-01-13；接受日期：2003-05-26
基金项目：广东省自然科学基金资助项目（950478）；广东省教育厅基金资助项目（2001-72-0121）

1 材料与方法

1.1 父母本

彭泽鲫(*Carassius auratus* of pengze)♀,2批,约2 000尾;尖鳍鲤(*Cyprinus acutidorsalis* Wang)♂,1批,约150尾;均来自华南师范大学生命科学学院南海试验基地。其中彭泽鲫是1993~1994年从江西省水产科学研究所和九江市水产研究所引进、经逐年选育保留下来的亲鱼群体,尖鳍鲤是北部湾野生种群驯化而来的养殖群体的后代。

1.2 种苗生产和养殖过程

异育彭泽鲫由常规人工催产获得:雌鱼分两次注射促黄体释放激素类似物($LRH\text{-}A_2$)与绒毛膜促性腺激素(HCG)的混合物,雄鱼一次注射鲤鱼脑垂体;获得成熟卵和精子后,人工体外干法授精,并将受精卵放在室外水泥孵化池中孵化;初孵鱼苗开口摄食后,连续3日投喂熟鸡蛋黄,之后在0.13~0.67 hm^2的土塘中按常规方法培育,大塘混养或主养至商品鱼。

1.3 观察与计数

在种苗阶段主要根据异育彭泽鲫生长速度和形态特征判断类型;在鱼塘干涸时(养殖6~8个月)计数捕获的全部个体或未干塘时拉网捕获的全部个体及其中所属类型。主要依据第二性征和解剖检查性腺(第二性征不足时)判断性别。

2 结果与分析

2.1 彭泽鲫♀×尖鳍鲤♂的子代的表型分化

从养成的商品鱼和大规格冬片鱼种中,根据形态和性别的不同可将子代划分为3种类型,分别是:类型Ⅰ(图1A):雌性,形态同母本,属于典型的异精雌核发育子代;但群体生长速度比彭泽鲫快20%左右。

类型Ⅱ(图1B):雄性子代。形态与类型Ⅰ除第二性征外,未见可鉴别差异;生长速度比雄性彭泽鲫快12%左右。

类型Ⅲ(图1C):可能的复合种子代。整体形态似母本,但同时又具有部分父本特征,具体表现在:①吻部稍延长,且吻端及下颌略带肉红色,与尖鳍鲤的吻部形态比较相似;②体侧鳞片有银白色光泽,与尖鳍鲤的鳞片相似,而与彭泽鲫不同;③在头部之后背部的隆起较陡,更似尖鳍鲤的突然隆起,而不似彭泽鲫的平缓隆起。④胸鳍、腹鳍以及尾鳍的下叶略带橙黄色或橘红色,颜色介于父母本之间。

2.2 各种表型分化在子代中的比例

在8年种苗生产过程中观察到,在同一批子代中,可能只有3种类型中的一种类型,也可能存在2~3种类型。子代中只有类型Ⅰ的情形是最常见的,这是典型的异精雌核发育子代,也是生产上最希望出现的类型。类型Ⅲ也比较常见,常伴随类型Ⅰ或类型Ⅱ同时出现,但在群体中所占比例较低(不超过1%)。类型Ⅱ以两种情况多次出现:①子代全部都是类型Ⅱ(即全雄性后代);②子代中类型Ⅱ占绝大多数(90%左右),另有10%左右的类型Ⅰ和很少量的类型Ⅲ。在2001年12月~2002年12月对广东5地彭泽鲫♀×尖鳍鲤♂的子代的初步调查结果(表1)也证明了这一点。

3 讨 论

已证实行雌核发育生殖方式的鱼类可以分为两大类型,即单性型和两性型。前者如银汉鱼 *Menidia clarkhubbsi*(Echelle, 1983)、帆鳉 *Poecilia formosa*(Monaco et al, 1984)和缩骨鲫等,后者如银鲫

表1 2001~2002年广东5地彭泽鲫♀×尖鳍鲤♂子代表型Ⅱ的发生率

Table 1 Occurrences of offspring type Ⅱ in fries produced by *Carassius auratus* of pengze ♀×*Cyprinus acutidorsalis* ♂ in five sites in Guangdong from 2001 to 2002

时间 Time	地点 Location	样本数 *n*	类型Ⅱ的比例 Ratio of type Ⅱ (%)
2001-12	开平(Kaiping)	103	100
2002-01	三水(Sanshui)	56	100
2002-01	南海(Nanhai)	288	88.9
2002-10	广州(Guangzhou)	320	92.2
2002-11	顺德(Shunde)	40	90
2002-12	南海(Nanhai)	96	100

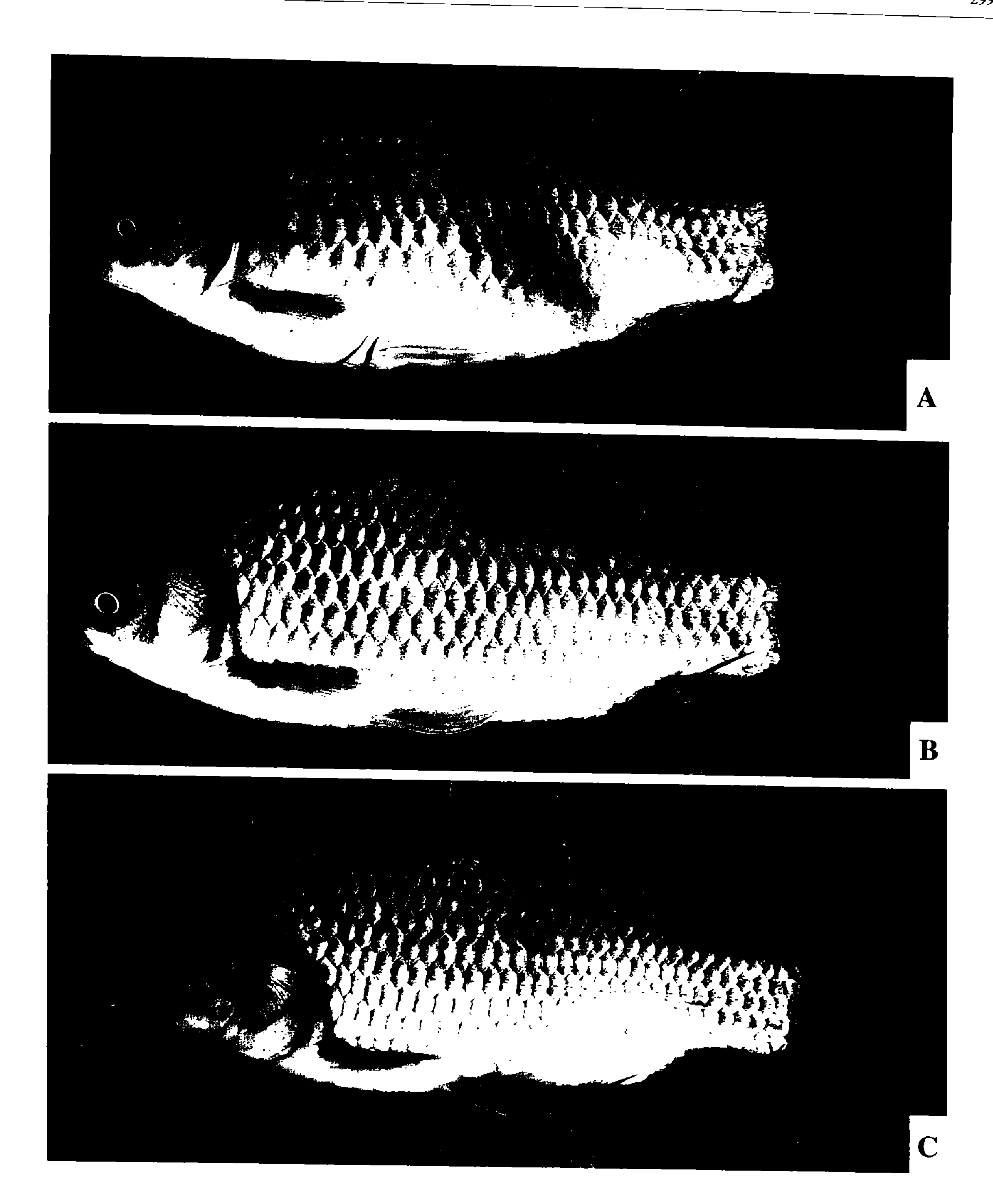


图 1　彭泽鲫♀×尖鳍鲤♂ 的子代表型

Fig.1　Phenotypic forms of offspring in the experiments of *Carassius auratus* of pengze ♀ × *Cyprinus acutidorsalis* ♂

A：类型Ⅰ（雌）；B：类型Ⅱ（雄）；C：类型Ⅲ，具部分父本特征。

A：type Ⅰ (female)；B：type Ⅱ (male)；C：type Ⅲ，with a few paternal characters.

和彭泽鲫等。单性型雌核发育鱼类本身没有雄性个体，其繁殖有赖于近缘种精子的刺激，得到的后代是与母本相似的全雌性个体，近缘种的精子只起刺激作用，并不参与子代的遗传（Gui，1999），所以多代雌核发育并不会改变群体的遗传结构，属于典型的母性遗传。两性型雌核发育鱼类的卵子在自然界应当是优先接受同种精子的激发，一般在人工控制条件下才会接受异源精子的激发，异源精子激发时会产生异精生物学效应（Jiang et al，1983）。但生产实践中并没有发现异精子代与母本有明显的形态差异。因此，有部分学者曾对异精效应提出质疑(Lou et al，1991；Zhang et al，1990；Teng et al，1999)。而本文异精子代表型分化的观察结果在某种意义上支持了异精生物学效应。

类型Ⅰ属于正常的异精雌核发育后代，勿需讨论。类型Ⅲ整体既与母本相似，又具有部分父本的特征；生长速度明显比类型Ⅰ快。这些特征与异育银鲫中出现的复合种或复合四倍体（Gui，1997；Gui et al，1993）相似。在规模化种苗生产中，几乎在每一批种苗中都能发现类型Ⅲ，但数量有限。这种类型的出现有可能是少数雌原核与雄原核发生了融合（Ding et al，1992），父本的染色体部分进入子代。暗示异源精子入卵后不仅发挥刺激卵子发育的作用，还有可能与卵子发生类似两性生殖融合。这种解释似乎偏离了典型意义上的雌核发育。是否昭示两性型雌核发育鱼类与单性型在生殖方式上有明显差异？或者是雌核发育两性型与两性生殖之间的中间过渡类型？当然，类型Ⅲ的出现也可以理解为异精生物学效应的一种表现形式。

至于子代中出现比例极高的类型Ⅱ，如何解释这个与传统雌核发育理论大相径庭的现象？可能的原因无外乎环境和遗传两个因素。类型Ⅱ并非只在一批鱼，而是在多批次鱼中出现（表1）；同一批鱼在孵化出膜3 d后（性腺尚未分化）就分散于不同地区培育养殖，环境条件各不相同，但在这几个地区都得到比例较高的类型Ⅱ；而同塘养殖的其他鱼(包括鲤鱼）没有发现性别异常。由此很难确定是环境因素引起的性别改变。如果是遗传因素，则很有可能是母本彭泽鲫个体的性别基因发生了突变或一些突变体的雄性决定基因加倍了，彭泽鲫卵子在异源精子的刺激下进行雌核发育，产生的子代遗传基因型与母本一致，发育表现为全雄或比例极高的雄性子代。当然，这仅仅是一种推测，还需要周密的研究设计，通过繁育和分子标记研究去探索。但是类型Ⅱ的发现为未来的研究提供了一个很好的实验材料，对性别决定和分化机理的研究具有重要意义，也可能给鱼类雌核发育的研究带来新的机遇。

参考文献：

Chen XL, Zhao J, Ma GZ, Shu H, Zhang HF, He SQ. 1998. Application of gynogenetic crucian carp in fish breeding [J]. *Journal of South China Normal University* (*Natural Science*), suppl.: 1-3. [陈湘粦，赵 俊，马广智，舒 琥，张海发，何时强. 1998. 雌核发育鲫鱼在育种上的应用 [J]. 华南师范大学学报（自然科学版），增刊：1-3.]

Ding J, Jiang YG, Shan SX, Wei LH. 1992. Cytological mechanism on the appearance of multiple tetraploid allogynogenetic crucian carp [J]. *Acta Hydrobiologica Sinaca*, **16** (2): 186-187. [丁 军，蒋一珪，单士新，魏丽华. 1992. 复合四倍体银鲫产生的细胞学机制. 水生生物学报，**16** (2): 186-187.]

Echelle AA, Echelle AE, Crozier CD. 1983. Evolution of an all-female fish, *Menidia clarkhubbsi* (Atherinidae) [J]. *Evolution*, **37**: 772-784.

Gui JF. 1997. Retrospect and prospects of studies on the mechanism of natural gynogenesis in silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Bulletin of Natural National Science Foundation of China*, **11** (1): 11-16. [桂建芳. 1997. 银鲫天然雌核发育机理研究的回顾与展望. 中国科学基金，**11** (1): 11-16.]

Gui JF. 1999. Developmental genetics and exploitations of reproduction modes [A]. In: Wu QJ, Gui JF. Fish Genetics and Breeding Engineering [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press. 39-50. [桂建芳. 1999. 天然雌核发育与异精效应. 见：吴清江，桂建芳. 鱼类遗传育种工程. 上海：上海科学技术出版社. 39-50.]

Gui JF, Liang SC, Zhu LF, Jiang YG. 1993. Discovery of multiple tetraploids in artificially propagated population of allogynogenetic silver crucian carp and their breeding potentialities [J]. *Chinese Science Bulletin*, **38** (1): 327-331. [桂建芳，梁绍昌，朱篮菲，蒋一珪. 1992. 异育银鲫人工繁育群体复合四倍体的发现及其育种潜力. 科学通报，**37** (7): 646-648.]

Jiang YG, Liang SC, Chen BD, Yu HX, Shan SX, Yang DL, Lin SS, Shen GQ. 1983. Biological effect of heterlogous sperm on gynogenetic offspring in *Carassius auratus gibelio* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinaca*, **8** (1): 1-13. [蒋一珪，梁绍昌，陈本德，余豪祥，单士新，杨得龙，林绥思，沈根泉. 1983. 异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应. 水生生物学报，**8** (1): 1-13.]

Lou YD, Shen H, Lu J, Shi H. 1991. Comparative studies on biochemical composition in serum of "allogynogenetic" Qihe crucian carp and its parents [J]. *Zool. Res.*, **12** (2): 181-185. [楼允东，沈 竑，陆 君，时 宏. 1991. 异育淇鲫及其亲本血清生化组成的比较研究 [J]. 动物学研究，**12** (2): 181-185.]

Monaco PJ, Rasch EM, Balsano JS. 1984. Apomictic reproduction in the Amazon molly, *Poecilia formosa*, and it's triploid hybrids

［A］. In: Turner BJ. Evolutionary Genetics of Fishes［M］. 311－328.

Teng CB, Sun XW, Shen JB. 1999. RAPD analysis of gynogenetic crucian carp activiated by heterologous sperms and their parents［J］. *Journal of Fisheries of China*, **23**（4）: 420－423.［滕春波，孙孝文，沈俊宝. 1999. 利用异源精子激发雌核发育的银鲫及亲本的RAPD分析. 水产学报，**23**（4）: 420－423.］

Yang XQ, Chen MR, Yu XM, Chen HX. 1992. Preliminary study on the mode of reproduction in crucian carp（*Carassius auratus* of Pengze）［J］. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **16**（3）: 277－280.［杨兴棋，陈敏容，俞小牧，陈宏溪. 1992. 江西彭泽鲫生殖方式的初步研究. 水生生物学报，**16**（3）: 277－280.］

Zhang YP, Liu H, Lou YD. 1989. Electrophoresis of isozymes and muscle protein of an abnormal crucian carp［J］. *Zool. Res.*, **10**（3）: 249－250.［张英培，刘 红，楼允东. 1989. 对一例异常鲫鱼的同工酶和肌蛋白的电泳研究. 动物学研究，**10**（3）: 249－250.］

Zhang YP, Liu H, Lou YD. 1990. Comparative studies on isozymes of allogynogenetic Qihe crucian carp and its parents［J］. *Acta Genetica Sinica*, **17**（1）: 34－37.［张英培，刘 红，楼允东. 1990. 异育淇鲫及其双亲同工酶的比较研究. 遗传学报，**17**（1）: 34－37.］